

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09068396
PUBLICATION DATE : 11-03-97

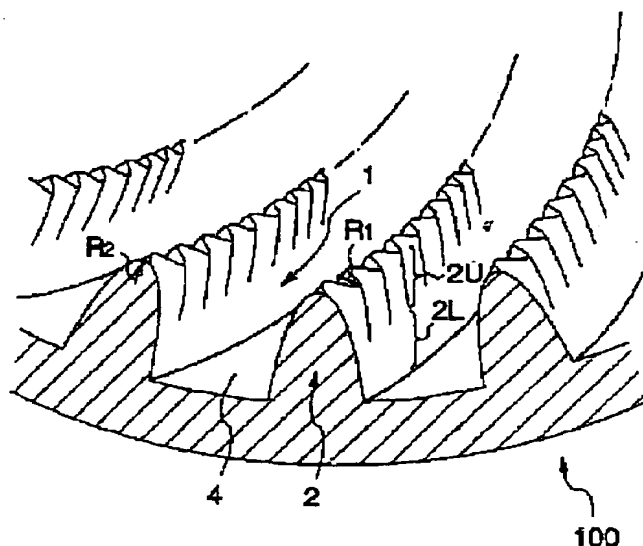
APPLICATION DATE : 19-06-96
APPLICATION NUMBER : 08157916

APPLICANT : HITACHI LTD;

INVENTOR : FUKUSHIMA TOSHIHIKO;

INT.CL. : F28F 1/40 F25B 39/00 F28F 1/36

TITLE : HEAT EXCHANGER



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To improve heat transfer performance of transmission of a condensation and boiling heat and to perform high-precise and easy machining.

SOLUTION: A heat transfer pipe 100 is formed in such a manner that a plurality of fins 2 are spirally and continuously formed on an inner surface and a spiral groove 1 is formed between the adjoining fins 2 and 2. Each fin 2 comprises an upper region 2U formed approximately in an uneven surface shape or a wave-form shape in the profile of cross section paralleling an inner surface 4 of the heat transfer pipe 100, and a lower region 2L formed approximately in a linear shape in the profile of cross section paralleling the inner surface 4 of the heat transfer pipe 100. Further, in the upper region 2U, a ratio of a curvature of radius R_1 of the uneven surface shape in cross section paralleling the inner surface 4 of the heat transfer pipe 100 to a curvature of radius R_2 in a protrusion shape in cross section orthogonal to the inner surface 4 is $R_1 \approx R_2$.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-68396

(43) 公開日 平成9年(1997)3月11日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
F 2 8 F 1/40			F 2 8 F 1/40	D
F 2 5 B 39/00			F 2 5 B 39/00	Q
F 2 8 F 1/36			F 2 8 F 1/36	A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平8-157916	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成8年(1996)6月19日	(72) 発明者	鹿園 直毅 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
(31) 優先権主張番号	特願平7-151636	(72) 発明者	伊藤 正昭 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
(32) 優先日	平7(1995)6月19日	(72) 発明者	内田 麻理 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

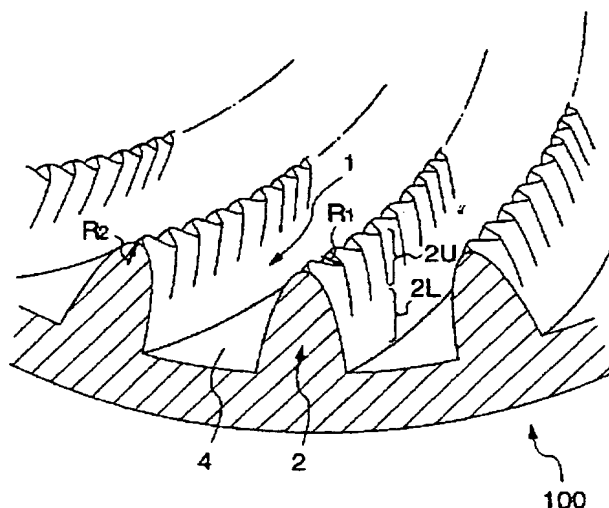
(54) 【発明の名称】 熱交換器

(57) 【要約】

【課題】凝縮・沸騰熱伝達の伝熱性能を向上できるとともに高精度かつ容易に加工することができるフィン付き伝熱管を提供する。

【解決手段】伝熱管100は、内面に複数のフィン2が螺旋状に連続して形成され、隣接するフィン2、2の間に螺旋状の溝1が形成されている。それぞれのフィン2は、伝熱管100の内面4と平行な横断面の輪郭が凹凸形状あるいは略波形をなす上部領域2Uと、伝熱管100の内面4と平行な横断面の輪郭が略直線状をなす下部領域2Lとから構成されている。また、上部領域2Uにおいて、フィン先端の、伝熱管100の内面4と平行な縦断面における凹凸形状の曲率半径R1が、内面4と直角な横断面における凸形状の曲率半径R2に対して、 $R1 \approx R2$ となるように構成されている。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】伝熱管の内面及び外面のうちいずれか一方の面に複数のフィンが形成された熱交換器において、前記フィンのそれぞれは、このフィンの頂部を含む第1の部分と、このフィンの根元を含む第2の部分とを有し、前記第1の部分は、その稜線が凹凸形状あるいは略波形をなすようにしたものであり、前記第2の部分は、前記フィンが形成されたいずれか一方の面と平行な切断面のフィン長手方向の輪郭が略直線状をなすようにしたものである熱交換器。

【請求項2】第1項において、前記第1の部分の、稜線に形成された凹凸形状あるいは略波形は、この凹凸形状あるいは略波形の振幅方向が、前記伝熱管の一方の面に沿う方向に形成されたものである熱交換器。

【請求項3】第1項において、前記第1の部分の、稜線に形成された凹凸形状あるいは略波形は、この凹凸形状あるいは略波形の振幅方向が、前記伝熱管の一方の面に直角方向に形成されたものである熱交換器。

【請求項4】第1項において、前記第1の部分の、稜線に形成された凹凸形状あるいは略波形は、ランダムな凹凸により形成されたものである熱交換器。

【請求項5】第1項において、前記第1の部分の、稜線に形成された凹凸形状あるいは略波形の振幅及び周期は、前記フィンの横断面上部の寸法に基づいて決められるものである熱交換器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば冷凍・空調機に用いられる熱交換器に係わり、特に、伝熱促進のためのフィンの内面又は外面に備えたフィン付き伝熱管及びフィン付き薄膜伝熱面並びに熱交換器並びに冷凍・空調機に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、フィンの内面に備えたフィン付き伝熱管において、単一冷媒を用いた凝縮・蒸発熱伝達における伝熱促進のための加工をフィン側面等に施した公知技術として、例えば、以下の2つがある。

【0003】①特開昭63-61896号公報

この公知技術は、小径伝熱管の内面に螺旋状又は管軸方向に連続するフィンを形成するとともに、そのフィン側壁を管軸方向に対して波形状とし、凝縮熱伝達にあっては主として伝熱面積の増大、蒸発熱伝達にあっては主として濡れ面積の増大により、単一冷媒における伝熱性能の向上を図るものである。

【0004】②特開昭62-102093号公報

この公知技術は、伝熱管の内面に螺旋状に連続するフィンを形成し、そのフィンの側面に溝の深さ方向へ延びる副溝を一定ピッチで設けることにより、単一冷媒における伝熱性能の向上を図るものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記公知技術①は、上記したように、フィン頂部及び底部を含むフィン全体が管軸方向に対して波打つように形成され、フィンとフィンとの間の溝も全体として波打つように形成されているため、有効伝熱面積が減少し、かえって伝熱性能が悪くなると言う問題がある。

【0006】一方、上記公知技術②は、上記したようにフィンの頂部を直線状とし、フィン側面に上部から底部へと副溝を設ける構造として、伝熱面積を拡大するというものであるが、思ったより伝熱性能向上を図ることができないと言う問題があった。

【0007】本発明の目的は、凝縮・沸騰熱伝達の伝熱性能を向上しうる熱交換器を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的は、伝熱管の内面及び外面のうちいずれか一方の面に複数のフィンが形成された熱交換器において、前記フィンのそれぞれは、このフィンの頂部を含む第1の部分と、このフィンの根元を含む第2の部分とを有し、前記第1の部分は、その稜線が凹凸形状あるいは略波形をなすようにし、前記第2の部分は、前記フィンが形成されたいずれか一方の面と平行な切断面のフィン長手方向の輪郭が略直線状をなすようにすることにより達成される。

【0009】さて、簡単に本発明の作用を説明する。上記公知技術①に記載の伝熱管では、凝縮熱伝達においては、フィンとフィンとの間の溝の下部は液で満たされることとなり、蒸気相は存在しない。このため、溝の下部を波打たせても伝熱面積を増大してことによる伝熱性能向上効果をあまり期待することができない。また、蒸発熱伝達においては、溝内を流れる冷媒流を毛細管現象でフィンの上部まで引き上げることで濡れ面積を増大させているが、溝の下部に関しては、特に下部を波打った形状としなくても、溝自体の毛細管現象及び気液界面の剪断力により液で自ずと満たされることになる。さらに、このようにフィン下部を波打たせると、溝内の液の流れを妨げ、凝縮では液の流下、蒸発では液の供給を阻害し、むしろ伝熱性能の低下をもたらす恐れがある。

【0010】また、上記公知技術②について、凝縮熱伝達において、熱伝達に最も寄与するのは液膜が最も薄いフィンの頂部近傍であるが、このフィン頂部近傍は直線状であって伝熱面積が拡大しないので、伝熱性能向上があまり得られない。また副溝はフィン側面上部から下部に至るまで設けられるが、上述したようにフィンとフィンとの間の溝の下部は液で満たされておりフィン側面下部の副溝では伝熱面積増大による伝熱性能向上効果をあまり期待することができない。また、蒸発熱伝達においては、溝内を流れる冷媒流を毛細管現象でフィンの上部まで引き上げることで濡れ面積を増大させているが、上記公知技術①と同様、溝の下部に関しては、特に副溝を介して誘導しなくても、主溝自体の毛細管現象と気液界

面の剪断力によって、自ずと液で満たされることとなる。しかも、却って液の流れを阻害する要因となってしまう。

【0011】これに対して、本発明では、フィン上部のみ波を打たせる形状としたので、凝縮熱伝達時には、表面張力が効果的に働き、フィン頂部の凸部に溜まった液をフィン下部に引き下ろす力が作用するので、フィン上部の乾いている面積（伝熱に寄与する薄膜領域）が増大し、フィン全体の有効伝熱面積を結果的に増大させることができるので、伝熱性能を向上させることができる。

【0012】また、蒸発熱伝達時には、フィン上部に形成された凹部が、フィン下部を流れる液を毛細管現象によってフィン頂部に引き上げるように作用するので、伝熱管内面の濡れ面積を増大させることができ、有効伝熱面積が増大し伝熱性能を向上させることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。なお、構造の明確化のために一部の斜視図に陰影を付している。

【0014】本発明の第1の実施の形態を図1～図16により説明する。

【0015】本実施の形態によるフィン付き伝熱管の構造を図1及び図2に示す。図2は、フィン付き伝熱管の横断面図であり、図1は、フィン付き伝熱管の詳細構造を表す部分拡大横断面図である。

【0016】図2及び図1において、伝熱管100は、内面に複数のフィン2が螺旋状に連続して形成され、隣接するフィン2、2の間に螺旋状の溝1が形成されている。それぞれのフィン2は、伝熱管100の内面4と平行な横断面のフィンの長手方向の輪郭が凹凸形状あるいは略波形をなす上部領域2Uと、伝熱管100の内面4と平行な横断面の輪郭が略直線状をなす下部領域2Lとから構成されている。また、上部領域2Uにおいて、フィン先端の、伝熱管100の内面4と平行な横断面における凹凸形状の曲率半径R1が、内面4と直角な横断面における凸形状の曲率半径R2に対して、 $R1 \geq R2$ となるように構成されている。

【0017】上記構成の伝熱管100内を、単一冷媒（例えばHCFC-22）あるいは非共沸混合冷媒（例

えばHFC-32及びHFC-134aの2種混合冷媒）等の液体又はガスが流れ、凝縮熱伝達あるいは沸騰熱伝達により伝熱管100外部と熱交換を行う。

【0018】次に、本実施の形態の作用を説明する。◆本実施の形態の比較例として、クロスインチューブ型熱交換器に用いられる、従来技術によるフィン付き伝熱管（内面らせん溝付き伝熱管）150の横断面図を図3に示す。図3において、伝熱管150は、内面に複数のフィン152が螺旋状に連続して形成され、隣接するフィン152、152の間に螺旋状の溝151が形成されている。そしてそれぞれのフィン152は、伝熱管100の内面4と平行な横断面の輪郭が略直線状となっている。

【0019】また、伝熱管150の管内径は6～10mm、溝深さは0.1～0.3mm、溝ピッチは0.2～0.6mm、らせん溝角度（溝のねじり角度）が0～25度、溝形状は台形、フィン先端角度は30～40度となっている。

【0020】ここで、このようなフィン付き伝熱管150内を単一冷媒あるいは擬似共沸混合冷媒が流れ、凝縮及び蒸発熱伝達を行う場合の挙動について以下説明する。伝熱管150内を冷媒は気液二相流で流れ、流量が小さい範囲では図4に示す様に重い液153が管の底部を、軽い蒸気が管の上部を分離する層状流として流れている。このような層状流の液面からある高さにある管壁の濡れ具合について考える。図5は、図4の縦断面図で、管壁のらせん溝の中を液154が毛細管現象によって液面高さHより上に引き上げられている様子を示す。

【0021】図6は、従来のらせん溝付き伝熱管の溝の中にたまる液の様子を示す。溝内の気液界面は、局率半径R3の円弧状のフィン先端部に接する局率半径R4の円弧として近似できる。これは、微細な溝内では表面張力の影響が卓越するためである。液膜の薄い領域h2を、図7に示すようにフィン先端部Aからフィン側面と気液界面が15度（ $\pi/12$ ）をなす点Bまでの距離と定義すると、h2は式1で表される。◆

【0022】

【数1】 ◆

$$h_2 = r_1 - \frac{p}{2} \tan \frac{\theta}{2} + \frac{p}{2} \frac{\sin\left(\frac{\pi}{12} + \frac{\theta}{2}\right)}{\cos \frac{\theta}{2}} - r_1 \sin\left(\frac{\pi}{12} + \frac{\theta}{2}\right) \dots\dots\dots (1)$$

【0023】ここで、 θ はフィン頂角、p1はフィンピッチ、h1はフィン高さである。例えば、管径7mm、60条、フィン高さh1=0.2mm、フィン頂角40度、R3=0.04mmの場合、薄液膜域の高さh2は約0.059mmとなる。管径7mm、57条、フィン高さh1=0.25mm、フィン頂角15度、R3=0.035mmの場合、h2は約0.067mmとな

る。したがって、液膜が薄い領域は、フィン先端からフィン高さのおよそ30%程度の領域であることがわかる。

【0024】このフィン先端部領域には非常に薄い液膜が形成され、この効果により高い凝縮熱伝達率が達成される。これは表面張力の効果、即ち $\Delta P = \sigma / R3$ で示されるようにフィン頂部の液膜内の圧力がその周囲の気

相の圧力に比べ高くなり、フィン間の溝に溜まった液は凹面状になるので気相圧力に比べて低くなり、この結果フィン頂部の液は圧力差によってフィン間の溝に排出されるためである。また、蒸発時にも、この位置よりフィン根元側の流れが阻害されなければ、液枯れすることなく液が管頂部まで供給され、高い蒸発熱伝達率が達成される。従来から凝縮熱伝達率を向上させるためには、伝熱面の3次元化が有効であることが知られているが、内面のフィン完全に分断してしまうと、蒸発時には上に述べた様に液の流れが阻害され、ヒートポンプに適用される伝熱管としては適さなくなる。

【0025】続いて、フィン付き伝熱管150内を非共沸混合冷媒が流れ、凝縮熱伝達を行う場合の挙動について以下説明する。◆まず非共沸混合冷媒として、HFC-32及びHFC-134aの2種混合冷媒を例に取り、その気液平衡線図を図8に示す。横軸は、HFC-32のモル濃度をとり、縦軸には温度をとっている。図8において、露点曲線Iは凝縮を開始する温度を表しており、これよりも図上上方にあるときは、非共沸混合冷媒が蒸気の状態である。また沸点曲線IIは沸騰を開始する温度を表しており、これよりも図上下方にあるときは、非共沸混合冷媒が液体の状態である。

【0026】いま例えば、HFC-32のモル濃度がCである非共沸混合冷媒が、蒸気の状態C1からしだいに冷却されて、液体の状態になる過程を考える。状態C1の蒸気が冷やされて、温度T2の状態C2までくると、露点温度に到達し、凝縮が始まる。そして、さらに温度が下がって、温度T3を過ぎ、温度T4の状態C4に至って凝縮が完了する。このように、非共沸混合冷媒では、凝縮温度が一定ではなくある範囲にわたって変化する。

【0027】また、非共沸混合冷媒では、凝縮する液体冷媒の濃度が、蒸気のまま残っている冷媒の濃度と異なる。すなわち、上記の過程で温度がT3のとき、HFC-32濃度はC（すなわち状態C3）にはならず、HFC-32濃度がB（すなわち状態B3）である凝縮液とHFC-32濃度がD（すなわち状態D3）である蒸気とに分かれる。これは、HFC-32がHFC-134aに比べて凝縮しにくく、凝縮面の液体はHFC-32濃度が低くHFC-134aの濃度が高くなり、取り残された蒸気はHFC-32の濃度が高くHFC-134aの濃度が低くなるからである。

【0028】このような凝縮挙動の結果、気液界面近傍には、蒸気側のHFC-32の濃度が高い領域（以下適宜、濃度境界層という）と、液体側のHFC-32の濃度が低い領域との濃度分布が生じる。

【0029】このようにして濃度境界層が生じる様子を図9及び図10により説明する。図9は、伝熱管150の水平縦断面図であり、図10は図9中X-X断面による部分横断面図である。図9及び図10において、管壁

近くの非共沸混合冷媒ガスの流れ160は、フィン152、及びフィン152、152間の螺旋状の溝151に導かれて、螺旋方向に流れる。このとき、非共沸混合冷媒のうち比較的凝縮しやすいHFC-134aが伝熱管150内面で先に凝縮して液体になり液膜163を形成する。その一方、比較的凝縮しにくいHFC-32は蒸気相のまま残り、液膜163の上にフィン152に沿って濃度境界層162を形成する。

【0030】この濃度境界層162は、連続していることから流れ方向に次第に厚くなり、HFC-134aが管壁に拡散するのを妨げるとともに、伝熱管150中心部に存在する濃度Cの蒸気の凝縮を阻害する働きをする。これにより、伝熱管150における非共沸混合冷媒の凝縮伝熱性能は、単一冷媒の凝縮伝熱性能より低下する。このことを図11により説明する。

【0031】図11は、伝熱管150に対し、単一冷媒を用いた場合の平均凝縮熱伝達率と、非共沸混合冷媒を用いた場合の平均熱凝縮伝達率の測定結果を比較して示したものである。ここで、単一冷媒としては、HCFC-22を用い、また非共沸混合冷媒としては、HFC-32、HFC-125、HFC-134aを各々30、10、60wt%ずつ混合したものを用い、横軸には質量速度をとった。

【0032】図11において、曲線aが単一冷媒における平均凝縮熱伝達率を表し、曲線bが非共沸混合冷媒における平均凝縮熱伝達率を表している。図示のように、伝熱管150においては、非共沸混合冷媒の凝縮熱伝達率は、単一冷媒の熱伝達率より低下することがわかる。

【0033】以上のような単一冷媒、擬似共沸混合冷媒あるいは非共沸混合冷媒における従来のフィン付き伝熱管150に対する本実施の形態のフィン付き伝熱管100の作用を、凝縮熱伝達と蒸発熱伝達とに分けて図12～図15により説明する。

【0034】（1）上部領域2Uにおける凝縮熱伝達向上作用。◆

本実施の形態の伝熱管100に備えられたフィン2の端部近傍の斜視図を図12に、凝縮熱伝達時における挙動を表す図12中XIII-XIII縦断面図を図13に示す。図12及び図13において、本実施の形態のフィン付き伝熱管100では、フィン2上部に設けられた断面波形状の上部領域2Uが凹部2Ub・凸部2Uaを形成することにより、フィン2先端の伝熱に最も寄与する薄い液膜13を凸部2Uaによってさらに薄くし、かつその薄い液膜領域13が存在する領域も増大させることができるので、伝熱性能を向上させることができる。また、非共沸混合冷媒の場合、図13に示されるように、上部領域2Uの凸部2Uaから生じる剥離渦16によって蒸気流を攪拌し、濃度境界層162（図9及び図10参照）を薄くすることができるので、非共沸混合冷媒ガスの熱及び物質移動を増大させることができる。

【0035】従来のフィン先端部での表面張力による液膜駆動力は、 $\Delta P = \sigma / R_2$ で表されるように曲率半径 R_2 のみで記述される。しかし、本実施の形態においては、曲率半径が R_2 の部分に加えて R_1 の部分も存在するので $\Delta P = \sigma / R_2 + \sigma / R_1$ で液膜駆動力が記述され、このため、凸部領域 $2Ua$ の曲率半径 R_1 の効果が加わることで、フィン頂部に存在する液をフィン下部に引き下ろす力が従来よりも強くなる。このため、熱抵抗の原因となる液膜が薄くなり凝縮熱伝達率が高くなる。またこのとき、上部領域 $2U$ において、(フィン先端の凹凸波形の曲率半径 R_1) \approx (凸形状の曲率半径 R_2) となるように構成されている。曲率半径 R_1 が大きいと従来の如き形状に近づき表面張力による効果が薄れ、また、曲率半径 R_1 が小さすぎると従来のフィンに単に傷を付けたに等しい形状となってしまうこれもあり表面張力効果が薄れることとなる。従って、表面張力が働く範囲内で、概ねフィン先端の曲率半径 R_2 に近い値とすることが望ましい。これは、後述する蒸発時にも適用されるものである。また、換言すると、フィン先端の曲率半径 R_1 の直径 b ($2R_1 = b$ 、フィンが台形状をしているものであれば短辺の長さ b) の略ピッチで凹部と凸部が交互に繰り返される波形とすることが望ましい。これにより、凹部 $2Ub$ において液膜がフィン先端から下方へと排出されにくくなってフィン先端部が厚い液膜に覆われるのを防止することができる。

【0036】このような凝縮熱伝達向上効果をさらに具体的に図14及び図15により説明する。本実施の形態によるフィン付き伝熱管100と、上述した従来のフィン付き伝熱管150のそれぞれに対し、単一冷媒(HCFC-22)を流した場合、及び非共沸混合冷媒(HFC-32, HFC-125, HFC-134aを各々30, 10, 60wt%ずつ混合したもの)を流した場合の凝縮熱伝達率を測定した結果を図14に比較して示す。

【0037】図14において、曲線b1が従来の伝熱管150に単一冷媒を流した場合、曲線b2が従来の伝熱管150に非共沸混合冷媒を流した場合であり、また曲線a1が本実施の形態の伝熱管100に単一冷媒を流した場合、曲線a2が本実施の形態の伝熱管100に非共沸混合冷媒を流した場合であり、横軸には乾き度をとって示したものである。

【0038】図14に示されるように、本実施の形態の伝熱管100は、従来の伝熱管150に対して、単一冷媒の場合でも、非共沸混合冷媒の場合でも、広い乾き度の範囲で熱伝達率が向上することがわかる。また、曲線a2と曲線b1とが比較的近接していることから、本実施の形態の伝熱管100に非共沸混合冷媒を用いた場合は、従来の伝熱管150に単一冷媒を流した場合に近い凝縮熱伝達率を得ることができるとわかる。

【0039】また、本実施の形態によるフィン付き伝熱

管100と、上述した従来のフィン付き伝熱管150のそれぞれに対し、単一冷媒(HCFC-22)を流した場合、及び非共沸混合冷媒(HFC-32, HFC-125, HFC-134aを各々30, 10, 60wt%ずつ混合したもの)を流した場合の平均凝縮熱伝達率の質量速度に対する依存性を図15に比較して示す。図15において、曲線b3が従来の伝熱管150に単一冷媒を流した場合、曲線b4が従来の伝熱管150に非共沸混合冷媒を流した場合であり、また曲線a3が本実施の形態の伝熱管100に単一冷媒を流した場合、曲線a4が本実施の形態の伝熱管100に非共沸混合冷媒を流した場合であり、横軸には質量速度をとって示したものである。

【0040】図15に示されるように、本実施の形態の伝熱管100は、従来の伝熱管150に対して、単一冷媒の場合でも、非共沸混合冷媒の場合でも、広い質量速度の範囲で平均熱伝達率が向上することがわかる。

【0041】(2) 上部領域 $2U$ における蒸発熱伝達向上作用。◆

本実施の形態の伝熱管100の蒸発熱伝達時における挙動を表す、フィン2の端部近傍の斜視図を図16aに示す。本実施の形態のフィン付き伝熱管100では、フィン2の上部領域 $2U$ の凹部 $2Ub$ による毛細管現象を利用して、冷媒液17をフィン2先端に向かって引き上げ、伝熱管内面の濡れ面積を増大させることができるので、伝熱性能を向上させることができる。

【0042】特に管内蒸発の場合は、管外蒸発で支配的な核沸騰とともに気液界面からの薄膜蒸発も非常に重要となる。薄膜蒸発の場合は、非常に薄い液膜で覆われた領域が増加するほど蒸発性能が高いが、本実施例がその液膜の薄い領域を増加させる理由について以下説明する。図16bに示すように液相の圧力が気相の圧力より高い場合には液は排出され、逆に液相の圧力が気相の圧力よりも低いと液を吸引するので、液で覆われた領域と乾いた領域の境界線近くの液膜内の圧力はほぼ気相圧力に近いと考えてよい。従来のフィンではフィン先端に沿って仮に液が存在したとしても、そこでの圧力は $\Delta P = \sigma / R_2$ だけ表面張力の効果によって気相圧力よりも高くなるので、液は排出されいずれその領域は乾いてしまう。従って、図31aのように濡れた領域と乾いた領域の境界線はフィン先端から一定の距離に存在し、液膜の非常に薄くなる領域はその境界線近くのごく限られた範囲となる。本実施例のように、フィン上部に曲率半径 R_1 (フィンが台形状をしているものであれば短辺の長さ b の $1/2$) の凹部領域 $2Ub$ が存在すると、そこでの液膜内圧力と気相圧力との差は $\Delta P = \sigma / R_2 - \sigma / R_1$ しかない。 $R_1 \approx R_2$ の場合には、もともとのフィン凸形状の曲率半径 R_2 と表面張力の効果が打ち消し合い $\Delta P \approx 0$ となり、液で覆われた領域と乾いた領域の境界線は図31bに示すようにフィン先端にまで到達する

ことになる。この乾いた領域と濡れた領域の境界線近くの液相は非常に薄い液膜を形成するので、図31b中でハッチングを施したフィン上部凹部領域2Ubの領域では液膜は薄くなり、局所的に薄膜蒸発の効果が非常に高まることになる。凹部領域2Ubの曲率半径がさらに小さく、即ち $R1 < R2$ となると、液を引き込む効果が強まりそこでの液膜が厚くなるので、逆に薄膜蒸発の効果は弱くなってしまう。また、凝縮時を考えても $R1$ が小さい場合にはそこで液を保持することになり、フィン先端部での凝縮に有効な伝熱面積が液あふれによって減少してしまうという問題点もある。従って換言すると、本発明の伝熱面を管内蒸発面として用いる場合にも、フィン先端の曲率半径 $R1$ の直径 b ($2R1 = b$ 、フィンが台形形状をしているものであれば短辺の長さ b)の略ピッチで凹部と凸部が交互に繰り返される波形とすることが望ましい。これにより、フィン先端においてその凹部2Ubに非常に薄い液膜が形成されるので、蒸発熱伝達率を向上させることができる。

【0043】(3) 下部領域2Lによる作用。◆

一方、図12に戻り、ここにおいて、本実施の形態の伝熱管100のフィン2の下部領域2Lの縦断面形状は略直線状であり凹凸部となっていない。しかし、凝縮熱伝達ではフィン2下部領域2Lは液で満たされてしまうので伝熱面積増大による伝熱性能向上効果にほとんど関係なく、また蒸発熱伝達ではフィン2下部領域2Lの冷媒流は、主溝の毛細管現象によってすでに液で満たされるので、凝縮と同様に伝熱性能向上効果にほとんど関係がない。すなわち、伝熱性能の面では、フィン2の下部領域2Lが波形断面でないことによる性能の低下は生じない。それどころか、溝の下部領域2Lに凹凸が存在すると、溝内の液の流れを妨害し、凝縮時には凝縮液の流下を妨げ、蒸発時には管頂部への液の供給を妨げることになり、伝熱性能を低下させてしまう。したがって、溝の下部領域2Lは抵抗の少ない略直線状がよい。

【0044】一方、加工の面から見ると、下部領域2Lの縦断面形状が略直線状であり凹凸形状あるいは波形断面となっていないことにより、フィン2への加工を行うときに、フィン2上部の厚さの薄い上部領域2Uのみを加工すれば足りるので、フィン2の上部領域及び下部領域の全体を波形状に加工する従来に比し、精度のよい加工を容易に行うことができる。

【0045】したがって、以上(1)～(3)で説明したように、本実施の形態のフィン付き伝熱管100によれば、伝熱性能を向上できるとともに高精度かつ容易に加工することができる。なお、従来溝付管において液膜の薄い領域がフィン頂部からフィン高さの約30%の高さであったことから、フィン上部領域は、フィン2の高さの30%以内でよい。

【0046】上記第1の実施の形態においては、フィン2の上下の波形の位相が揃っている場合を示したが、こ

れに限られず、上下の面で波形の位相が揃っていない場合もよい。これらの場合も同様の効果を得る。また、上記第1の実施の形態においては、フィン2上部領域2Uの波形の形状が凹凸形状あるいは略波形であったが、これに限られず、略三角形や、独立突起や、あるいはランダムな凹凸形状であってもよく、これらの場合も同様の効果を得る。さらに、上記第1の実施の形態においては、伝熱管100内面にフィン2が螺旋状に形成されていたが、これに限られず、例えばリング状に形成する場合も考えられる。

【0047】次に、これまで説明した図1に示す実施の形態である伝熱管100の製造方法について簡単に説明する。本実施の形態においては、いわゆる電縫管方式で製造される。即ち、まず、略板状の部材に第1のプレス加工によりフィン母材2を立設して形成し、この加工されたフィン母材2の上部に上述のような波形凹凸形状を第2のプレスによって上部領域2Uを形成する。この時フィン母材2の下部はそのまま残して下部領域2Lとしておく。

【0048】第2のプレス加工を一つのフィン母材2を例にとりて説明する。この第2のプレスは、フィン母材にフィン母材の頂部から嵌合させて押し込むことでフィン上部に波形が形成される。第2のプレスの型の半周期は、奥に行くほど波形を保って肉厚になりこれて波の半周期を形成する。隣接する半周期の型は、前者の型とフィンを介して反対側のフィン上部を押圧することで波の半周期を形成するようになっている。これらの型がフィンの左右に交互に連続して並ぶようにして第2のプレスの型を作成し、上部から押圧することで、フィン断面から見て、肥大側の型はフィン上部を右側に押し出すように、右側の方はフィン上部を左側に押し出すように動作し、これにより、図1に示されるようなフィンの立面に直角方向の波が形成される。全てのフィンに波(凹凸)が形成された略板状部材の板幅方向両端を溶接により接合して円管状の伝熱管2を形成する。

【0049】本発明の第2の実施の形態を図17a及び17bを用いて説明する。上記した第1の実施の形態は、フィンに付加したフィン上部の凹凸形状又は波形形状が、フィン縦断面にほぼ直角なものであったが、この考え方と同様に、フィン縦断面方向に凹凸形状又は波形形状を付加しても伝熱性能が向上する。図17は、伝熱管200の要部であり、フィン202近傍斜視図である(第1の実施の形態の図12相当)。フィン202の上部領域202Uは、伝熱管200の内面204に平行な縦断面の形状が略直線状をなすフィン母材212に対しプレスによる押し込みあるいは切り込み218を入れることによって形成されている。即ち、この場合の伝熱管200の製造方法は、いわゆる電縫管方式で行われ、まず略板状の部材にフィン母材212を立設して形成し、このフィン母材212の上部に上述したようなプレスに

よる押し込みあるいは切り込み加工で上部領域202Uを形成すると共に、フィン母材212の下部はそのまま残して下部領域202Lとする。この略板状部材の板幅方向両端を接合して円管状の伝熱管200とする。その他の構造は、第1の実施の形態とほぼ同様である。

【0050】第1の実施の形態と同様、本実施の形態においても、凹凸形状又は波形形状の凸部において、凝縮時に、液をフィン管の溝に引き下ろす作用があり、凝縮時に熱伝達向上効果がある。さらに、凹部において、フィン管の溝に存在する液を上部領域202Uに引き上げる作用があり、蒸発時に熱伝達を向上する効果がある。なお、第1の実施の形態と異なる点は凹凸形状又は波形形状の振幅が直角方向であるか水平方向であるかだけであるので、そのピッチは、第1の実施の形態と同様の考え方で決められる。

【0051】また、図17aは、上部領域202Uの側面まで溝を掘っているが、その製造は第1の実施の形態と比較すると易しいものの、フィン側面を加工することは困難である。この点を解決したものが図17bであり、プレスによって切り込みを入れるだけであるので、比較的簡単に製造可能である。◆なお、上記のような電縫管方式の製造方法は、前述した第1の実施の形態の伝熱管100にも適用できることは言うまでもない。

【0052】本発明の第3の実施の形態を図18により説明する。本実施の形態は、フィンの形状が異なる伝熱管の実施の形態である。本実施の形態の伝熱管300の要部である、フィン302端部近傍の斜視図を図18に示す。図18は、第1の実施の形態の図12、第2の実施の形態の図17にはほぼ相当する図である。

【0053】図18において、本実施の形態が第1の実施の形態と異なる点は、フィン302上部領域の凹凸波形が略三角形状となっていることと、フィン302の側面の稜線302aが、伝熱管300の内面304に直角でなく傾斜していることである。その他の構造は、第1の実施の形態とほぼ同様である。本実施の形態によっても、第1の実施の形態と同様の効果を得る。

【0054】またこれに加え、凝縮熱伝達の際には、流れ方向に対し稜線302aの傾斜がフィン302先端から根元へ向かうような方向（図示R方向）に冷媒を流せば、フィン302先端に形成される液膜の排出を促進でき、さらに伝熱性能を向上することができる。また沸騰熱伝達の際には、流れ方向に対し稜線の傾斜がフィン302根元から先端へ向かうような方向（図示L方向）に冷媒を流せば、気液界面に働くせん断力により濡れ面積の拡大を促進でき、さらに伝熱性能を向上することができる。

【0055】本発明の第4の実施の形態を図19により説明する。本実施の形態は、フィンの形状が異なる伝熱管の実施の形態である。本実施の形態の伝熱管400の要部である、フィン402端部近傍の斜視図を図19に

示す。図19は、第1の実施の形態の図12、第2の実施の形態の図17、第3の実施の形態の図18にはほぼ相当する図である。図19において、本実施の形態が第1の実施の形態と異なる点は、フィン402上部領域402Uの凹凸形状が角度の異なる複数の切り込み418a及び418bにより3次元的な独立突起形状となっていることである。

【0056】このように、多数の、しかも曲率半径の小さな独立突起が形成されるため、凝縮液膜の排出が更に促進される。その結果、凝縮熱伝達率は、さらに向上する。その他の構造は、第1の実施の形態とほぼ同様である。

【0057】本発明の第5の実施の形態を図20により説明する。本実施の形態は、フィンの形状が異なる伝熱管の実施の形態である。本実施の形態の伝熱管500の要部である、フィン502端部近傍の斜視図を図20に示す。図20は、第1の実施の形態の図12、第2の実施の形態の図17、第3の実施の形態の図18、第4の実施の形態の図19にはほぼ相当する図である。

【0058】図20において、本実施の形態が第1の実施の形態と異なる点は、フィン502上部領域502Uの凹凸波形がランダムな粗さとなっていることである。すなわち、この場合の伝熱管500の製造方法は、いわゆる電縫管方式で行われ、まず一様な粗さを有する部材にフィン母材512をプレス加工により形成することで、フィン先端にのみ粗さを保持することができる。その後、この略板状部材の板幅方向両端を接合して円管状の伝熱管500とする。本実施の形態においては、フィン先端の凹凸を素材のときに形成しているので、製作が容易で、安価にできるという利点がある。その他の構造および効果は、第1の実施の形態とほぼ同様である。

【0059】本発明の第6の実施の形態を図21により説明する。本実施の形態は、フィンが分断されている伝熱管の実施の形態である。本実施の形態の伝熱管600の縦断面図を図21及び図22に示す。図21において、フィン602は先端部は第1～5の実施の形態の様な加工が施され、かつ、らせん角が大きくかつピッチも大きい2次溝により分断されている。このらせん角が大きく、かつピッチも大きい2次溝は、凝縮時には凝縮液の流下を容易にし、また、蒸発時には管頂部への液の供給を容易にすることができる。

【0060】このらせん角が大きく、かつピッチも大きい2次溝は、溝を横切る液の流れを実現させるためのもので、凝縮の際には管上部からの液の流下を容易にし、液が溝内であふれ伝熱性能が低下するのを防ぐことができる。一方蒸発の場合は、液枯れを起こしそうな領域へ即座に液を供給することが可能となり、伝熱性能が向上する。なお、この2次溝は溝を横切る重力方向の流れをつくるためのものであるから、そのらせん角は水平管の場合、管軸方向に対して90度に近いことが望ましい。

従って、 $\beta 2 = 90^\circ \pm 20^\circ$ が望ましい。また、この2次溝は、らせん角 $\beta 1$ の1次溝が一周する間に20条程度設けてあれば十分なので、 $p 2 \geq (\pi d i / \tan \beta 1) / 20$ となるように設ければよい。ここで $d i$ は最大内径である。例えば $d i = 6.5 \text{ mm}$ の場合、 $p 2 \geq 2.8 \text{ mm}$ となる。これ以上2次溝のピッチを小さくすると主溝に沿う流れが阻害されるので、伝熱性能が低下してしまう。

【0061】また、この2次溝は上に述べたように液が溝を容易に横切れるようにするためのものであるから、なるべく深いことが望ましい。即ち、図22ではフィン根元まで2次溝が彫られている場合を示したが、2次溝はフィン高さ $h 1$ の少なくとも50%以上の深さが必要である。

【0062】本発明の第7の実施の形態を図23により説明する。本実施の形態は、フィンを外面に形成した伝熱管の実施の形態である。本実施の形態の伝熱管700の要部である、フィン702端部近傍の構造を表す側面図を図23に示す。図23において、伝熱管700は、冷媒が管外面に凝縮するいわゆるシェルアンドチューブ形熱交換器に使用されるものであり、外面に複数のフィン702がリング状に連続して形成されている。それぞれのフィン702は、第1の実施の形態のフィン2と類似の構造となっており、伝熱管700の外面704と平行な横断面の輪郭が凹凸形状あるいは略波形をなす上部領域702Uと、伝熱管700の外面704と平行な横断面の形状が略直線状をなす下部領域702Lとから構成されている。また、上部領域702Uにおいて、フィン先端の、伝熱管700の外面704と平行な横断面における凹凸波形の曲率半径が、外面704と直角な横断面における凸形状の曲率半径と同程度（第1の実施の形態と同様の考え方）となるように構成されている。

【0063】本実施の形態のフィン付き伝熱管700においても、第1～第6の実施の形態のフィン付き伝熱管100～600と同様、伝熱管700の外面704と平行な横断面の輪郭が略波形あるいは凹凸形状をなす上部領域702Uによって凝縮・蒸発熱伝達性能を向上することができ、このとき外面704と平行な横断面の輪郭が略直線状をなす下部領域702Lによって上部領域702Uの伝熱性能向上を低下させることがなく、フィン702全体として高精度かつ容易な加工が可能となる。

【0064】なお、上記第7の実施の形態においては、フィン702が第1の実施の形態のフィン2と類似の形状をしていたが、これに限られず、第2～6の実施の形態のフィンと類似の形状としてもよい。これらの場合も同様の効果を得る。

【0065】本発明の第8の実施の形態を図24により説明する。本実施の形態は、コンピュータ冷却に使用される薄膜伝熱面の実施の形態である。本実施の形態の要部である、薄膜伝熱面800に備えられたフィン802

の端部近傍の斜視図を図24に示す。図24において、薄膜伝熱面800は、平板状の基板部材801と、この基板部材802に立設された複数のフィン802とから構成される。それぞれのフィン802は、図12に示したフィン2と類似の構造をしており、基板部材801と平行な横断面の輪郭が凹凸形状あるいは略波形をなす上部領域802Uと、基板部材801と平行な横断面の輪郭が略直線状をなす下部領域802Lとから構成されている。また、上部領域802Uにおいて、フィン先端の、基板部材801と平行な横断面における凹凸波形の曲率半径が、基板部材801と直角な横断面における凸形状の曲率半径と同程度（第1の実施の形態と同様の考え方）となっている。なお、この場合のフィン802は、第1の実施の形態のフィン2と異なり、螺旋状でなく直線状に配列されている。

【0066】本実施の形態の薄膜伝熱面800においても、第1～第7の実施の形態のフィン付き伝熱管100～700と同様、基板部材801と平行な横断面の輪郭が略波形をなす上部領域802Uによって凝縮・蒸発熱伝達性能を向上することができ、このとき基板部材801と平行な横断面の形状が略直線状をなす下部領域802Lによって上部領域802Uの伝熱性能向上効果を低下させることがなく、フィン802全体として高精度かつ容易な加工が可能となる。

【0067】なお、上記第8の実施の形態においては、フィン802が図12のフィン2と類似の形状をしていたが、これに限られず、図1のフィン2、若しくは第2～第6の実施の形態のフィンと類似の形状としてもよい。これらの場合も同様の効果を得る。

【0068】本発明の第9の実施の形態を図25及び図26により説明する。本実施の形態は、第1の実施の形態の伝熱管100を備えた熱交換器の実施の形態である。第1の実施の形態と同等の部材には同一の符号を付す。本実施の形態による熱交換器900の概略構造を表す部分斜視図を図25に示す。図25において、熱交換器900は、クロスフィンチューブ型熱交換器と呼ばれるものであり、多数の平行に置かれた平行フィン906に、第1の実施の形態による伝熱管100が貫通挿入されている。平行フィン906の表面には、空気側熱伝達率を向上させるために、ルーバ908が設けられている。

【0069】伝熱管100は、特に詳細構造を図示しないが、第1の実施の形態において説明したように、内面に形成されているそれぞれのフィンが、内面と平行な縦断面の形状が凹凸形状あるいは略波形をなす上部領域と、内面と平行な縦断面の形状が略直線状をなす下部領域とから構成されており、かつ、フィン先端の凹凸波形の曲率半径が凸形状の曲率半径以上となるように構成されている。

【0070】上記構成において、空気流905が、伝熱

管100の管軸と直角な方向から流入して複数の平行フィン906の間を流れ、冷媒が管内を流れる伝熱管100によって冷却される。

【0071】本実施の形態の熱交換器900によれば、第1の実施の形態のフィン付き伝熱管100の冷媒側伝熱性能の向上作用に基づき、熱交換器の総合伝熱性能を表す指標である熱通過率を向上することができる。なおこの熱通過率には、空気側熱伝達率、冷媒側熱伝達率及び接触抵抗などが含まれている。熱交換器900のこの熱通過率向上効果を具体的に図26により説明する。

【0072】フィン付き伝熱管100を備えた本実施の形態による熱交換器900と、前述した従来のフィン付き伝熱管150(図3参照)を備えた熱交換器のそれぞれに対し、単一冷媒(HCFC-22)を流した場合、及び非共沸混合冷媒を流した場合の熱通過率を測定した結果を図26に比較して示す。

【0073】図26において、曲線b5が従来の熱交換器に単一冷媒を流した場合、曲線b6が従来の熱交換器に非共沸混合冷媒を流した場合であり、また曲線a5が本実施の形態の熱交換器900に単一冷媒を流した場合、曲線a6が本実施の形態の熱交換器900に非共沸混合冷媒を流した場合であり、横軸に空気流速をとって表している。

【0074】図26に示されるように、本実施の形態の熱交換器900は、単一冷媒の場合でも非共沸混合冷媒の場合でも、従来の熱交換器に対し広い空気流速の範囲で熱通過率が向上することがわかる。また、曲線a6と曲線b5とが比較的接近していることから、本実施の形態の熱交換器900に非共沸混合冷媒を用いた場合は、従来の熱交換器に単一冷媒を流した場合に近い熱通過率を得ることができるとわかる。したがって、第1の実施の形態の伝熱管100は非共沸混合冷媒用熱交換器の伝熱管として極めて優れていることがわかる。

【0075】なお、上記第9の実施の形態の熱交換器900は、伝熱管として第1の実施の形態の伝熱管100を備えていたが、これに限られず、第2～第6の実施の形態の伝熱管でもよい。これらの場合も同様の効果を得る。

【0076】本発明の第10の実施の形態を図27、図28及び図29により説明する。本実施の形態は、第9の実施の形態の熱交換器900を備えた空調機の実施の形態である。第10の実施の形態と同等の部材には同一の符号を付す。本実施の形態による空調機1000の全体構造を表す系統概念図を図27に示す。図27において、空調機1000は、非共沸混合冷媒を用いたヒートポンプ式冷凍サイクルを構成しており、室内に配置される室内熱交換器1026と、室外に配置される室外熱交換器1024と、これらに接続される圧縮機1022と、冷・暖房における冷媒の流れを切り換える四方弁1023と、膨張弁1025とを備えている。室内熱交換

器1026及び室外熱交換器1024はいずれも第10の実施の形態の熱交換器900で構成されている。そして、四方弁1023が図示実線の位置に切り換えられている冷房時には、室内熱交換器1026が蒸発器として室外熱交換器1024は凝縮器として機能し、四方弁1023が図示破線の位置に切り換えられている暖房時には、室内熱交換器1026が凝縮器として室外熱交換器1024は蒸発器として機能する。

【0077】本実施の形態の空調機1000によれば、第9の実施の形態の熱交換器900の熱通過率向上作用に基づき、冷房能力(あるいは暖房能力)を全電気入力で除した値である動作係数(COP)の向上効果を得ることができる。この動作係数向上効果を具体的に図28により説明する。

【0078】フィン付き伝熱管100(図1参照)を備えた熱交換器900を室内熱交換器1026及び室外熱交換器1024として用いる本実施の形態の空調機1000と、従来のフィン付き伝熱管150(図3参照)を備えた熱交換器を室内熱交換器1026及び室外熱交換器1024として用いる従来の空調機のそれぞれに対し、単一冷媒(HCFC-22)を用いた時の動作係数を測定し、これらの値の比(%)を算出した結果を図28に比較して示す。図28に示されるように、冷房時・暖房時のいずれの場合でも、従来の空調機に比べ動作係数が向上している。よって効率の高い、コンパクトな冷凍・空調機を実現することができる。

【0079】続いて、本実施の形態の空調機1000と、従来のフィン付き伝熱管150(図3参照)を備えた熱交換器を室内熱交換器1026及び室外熱交換器1024として用いる従来の空調機のそれぞれに対し、単一冷媒(HCFC-22)を用いた時の動作係数と、非共沸混合冷媒(HFC-32, HFC-125, HFC-134aを30, 10, 60wt%ずつ混ぜ合わせたもの)を用いた時の動作係数とを測定し、これらの値の比(%)を算出した結果を図29に比較して示す。

【0080】図29に示されるように、冷房時・暖房時のいずれの場合でも、従来の空調機では、単一冷媒から非共沸混合冷媒に入れ替えると動作係数(COP)の値が約93～95%程度に低下してしまうのに対し、本実施の形態の空調機1000は、単一冷媒から非共沸混合冷媒に入れ替えても、動作係数は従来空調機の単一冷媒を用いた場合に近い値を得ることができる。よって効率の高い、コンパクトな非共沸混合冷媒用冷凍・空調機を実現することができる。

【0081】なお、上記第10の実施の形態においては、熱交換器900を空調機に適用した実施の形態を説明したが、冷凍機に対しても同様に適用可能であることは言うまでもない。

【0082】以上の実施の形態におけるフィンは、伝熱管内を螺旋状に形成されているものであるが、以下に述

べるように内面フィンを松葉状に形成しても、上記した実施の形態の効果を損なうものではない。

【0083】図30は、伝熱管2000の展開図と拡大図である。伝熱管2000の内面フィン2002は松葉状に螺旋角が不連続に変化している。この内面フィン2002は、第1の実施の形態で説明した形状となっており、伝熱管2000の内面2004と平行な縦断面の形状が凹凸形状あるいは略波形をなす上部領域2002Uと伝熱管2000の内面2004と平行な縦断面の形状が略直線状をなす下部領域2002Lとを有する。また、凹凸形状あるいは略波形形状のピッチは、第1の実施の形態と同様の考え方で決める。

【0084】

【発明の効果】本発明のフィン付き伝熱管によれば、伝熱管内面のフィン上部に設けられた第1の部分の縦断面形状が略波形あるいは凹凸形状となっているので、凝縮・蒸発伝熱性能を向上できる。そしてこのときフィン下部の第2の部分の縦断面形状は略直線状であることによる伝熱性能低下は生じない。したがって、第2の部分の加工が不要な分、全体として高精度かつ容易な加工を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態によるフィン付き伝熱管の詳細構造を表す部分拡大横断面図である。

【図2】図1に示したフィン付き伝熱管の横断面図である。

【図3】従来技術によるフィン付き伝熱管の横断面図である。

【図4】従来技術によるフィン付き伝熱管の横断面図と、管内の液の分布を示す図である。

【図5】従来技術によるフィン付き伝熱管の縦断面図と、溝内の液の上昇を示す図である。

【図6】従来技術によるフィン付き伝熱管の溝断面拡大図と、そこに生じる液の分布を示す図である。

【図7】従来技術によるフィン付き伝熱管の内面フィン拡大図と、そこに生じる液の分布を示す図である。

【図8】HFC-32及びHFC-134aの2種混合冷媒の気液平衡線図である。

【図9】濃度境界層が生じる様子を表す伝熱管の水平縦断面図である。

【図10】図9中X-X断面による部分横断面図である。

【図11】図3に示した従来の伝熱管に対し、単一冷媒を用いた場合の平均凝縮熱伝達率と、非共沸混合冷媒を用いた場合の平均凝縮熱伝達率の測定結果を比較して示した図である。

【図12】図1に示された伝熱管に備えられたフィンの端部近傍の斜視図である。

【図13】図12中XII-XII横断面図である。

【図14】図1に示された伝熱管と、図3に示された従

来の伝熱管のそれぞれに対し、単一冷媒を流した場合、及び非共沸混合冷媒を流した場合の凝縮熱伝達率を測定した結果を比較して示した図である。

【図15】図1に示された伝熱管と、図3に示された従来の伝熱管のそれぞれに対し、単一冷媒を流した場合、及び非共沸混合冷媒を流した場合の平均凝縮熱伝達率を測定した結果を比較して示した図である。

【図16】図1に示された伝熱管の沸騰熱伝達時における挙動を表す、フィンの端部近傍の斜視図である。

【図17】本発明の第2の実施の形態の伝熱管の要部である、フィン端部近傍の斜視図である。

【図18】本発明の第3の実施の形態の伝熱管の要部である、フィン端部近傍の斜視図である。

【図19】本発明の第4の実施の形態の伝熱管の要部である、フィン端部近傍の斜視図である。

【図20】本発明の第5の実施の形態の伝熱管の要部である、フィン端部近傍の斜視図である。

【図21】本発明の第6の実施の形態の伝熱管の縦断面図である。

【図22】本発明の第6の実施の形態の伝熱管の要部である、フィン部近傍の斜視図である。

【図23】本発明の第7の実施の形態の伝熱管の要部である、フィン端部近傍の構造を表す側面図である。

【図24】本発明の第8の実施の形態の薄膜伝熱面の要部である、フィンの端部近傍の斜視図である。

【図25】本発明の第9の実施の形態による熱交換器の概略構造を表す部分斜視図である。

【図26】図1に示された伝熱管を備えた熱交換器と、図3に示された従来の伝熱管を備えた熱交換器のそれぞれに対し、単一冷媒を流した場合、及び非共沸混合冷媒を流した場合の熱通過率を測定した結果を比較して示した図である。

【図27】本発明の第10の実施の形態による空調機の全体構造を表す系統概念図である。

【図28】図1に示した伝熱管を備えた熱交換器を用いる空調機と、図3に示した従来の伝熱管を備えた熱交換器を用いる従来の空調機に対し、単一冷媒を用いた時の動作係数の比を示す図である。

【図29】図1に示した伝熱管を備えた熱交換器を用いる空調機と、図3に示した従来の伝熱管を備えた熱交換器を用いる従来の空調機に対し、単一冷媒・非共沸混合冷媒を用いた時の動作係数の比を示す図である。

【図30】伝熱管内部のフィン形状の他の実施の形態である。

【図31】蒸発時のフィン端部近傍の液相で濡れた領域を示す図である。

【符号の説明】

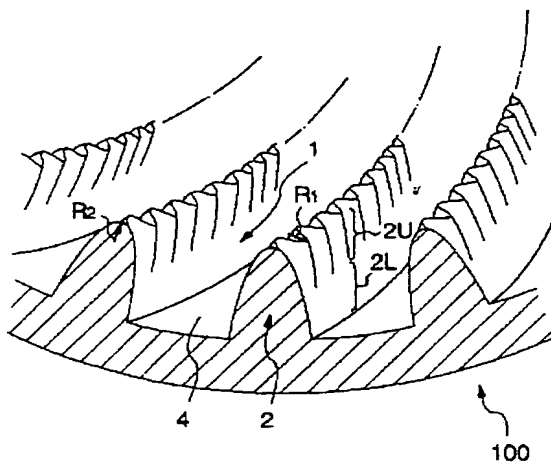
1…溝、2…フィン、2L…下部領域（第2の部分）、2U…上部領域（第1の部分）、2Ua…凸部、2Ub…凹部、4…内面、17…冷媒液、100…伝熱管、20

0…伝熱管、201…溝、202…フィン、202L…下部領域（第2の部分）、202U…上部領域（第1の部分）、204…内面、212…フィン母材、218…切り込み、300…伝熱管、302…フィン、302a…稜線、304…内面、400…伝熱管、401…溝、402…フィン、402L…下部領域（第2の部分）、402U…上部領域（第1の部分）、404…内面、412…フィン母材、418a…第一の切り込み、418b…第二の切り込み、500…伝熱管、501…溝、502…フィン、502L…下部領域（第2の部分）、502U…上部領域（第1の部分）、504…内面、60

0…伝熱管、601a…主溝、601b…2次溝、602…フィン、700…伝熱管、702…フィン、702L…下部領域（第2の部分）、702U…上部領域（第1の部分）、704…外面、800…薄膜伝熱面、801…基板部材、802…フィン、802L…下部領域（第2の部分）、802U…上部領域（第1の部分）、900…熱交換器、905…空気流、906…フィン、908…ルーバ、1000…空調機、1022…圧縮機、1000…四方弁、1024…室外熱交換器、1025…膨張弁、1026…室内熱交換器。

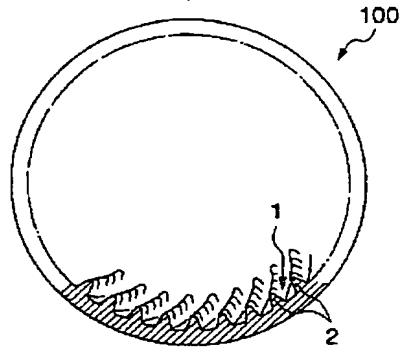
【図1】

図1



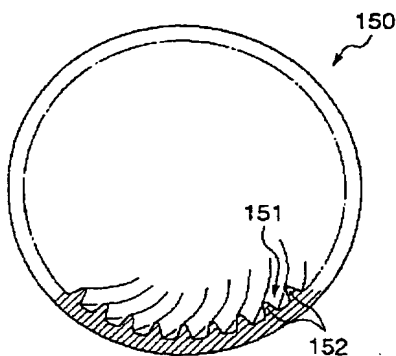
【図2】

図2



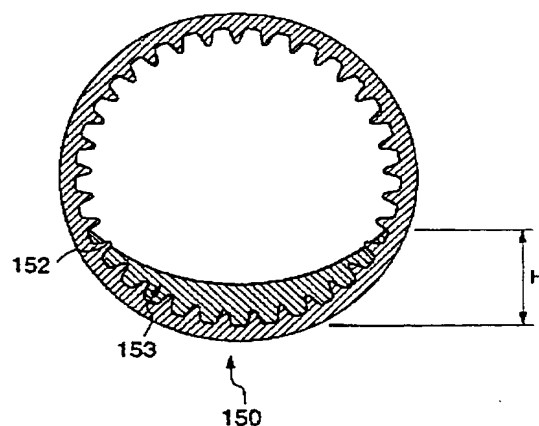
【図3】

図3



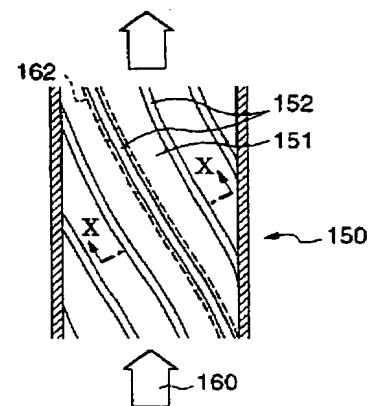
【図4】

図4



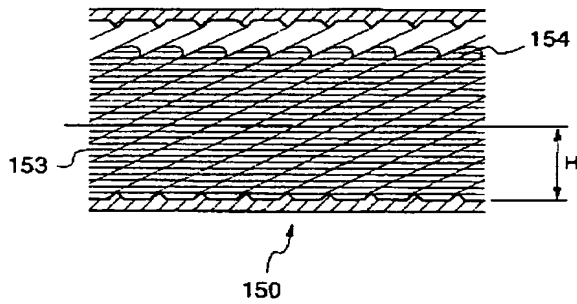
【図9】

図9



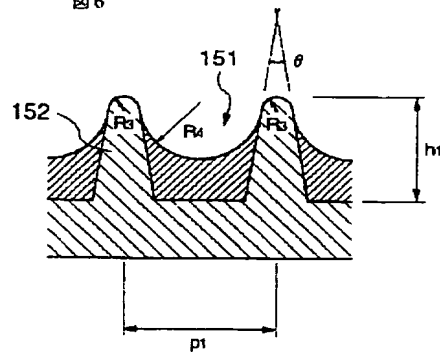
【図5】

図5



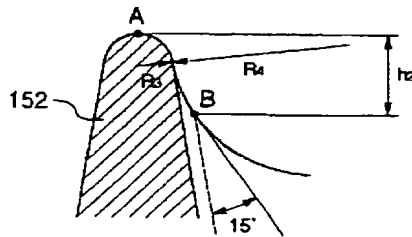
【図6】

図6



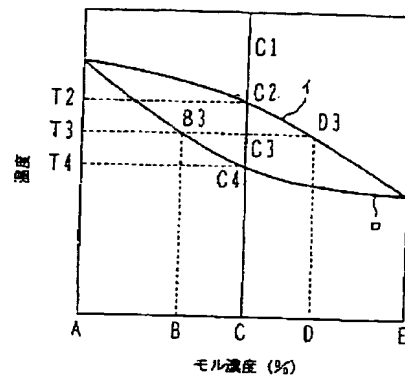
【図7】

図7



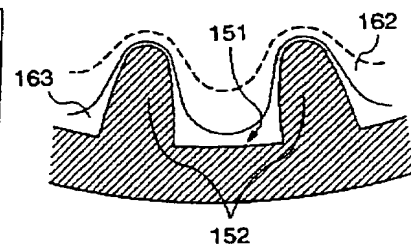
【図8】

図8



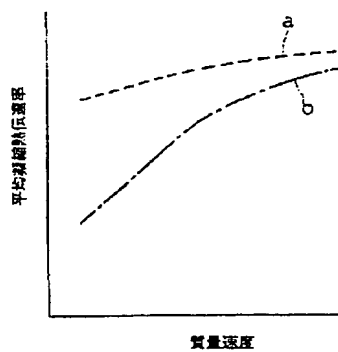
【図10】

図10



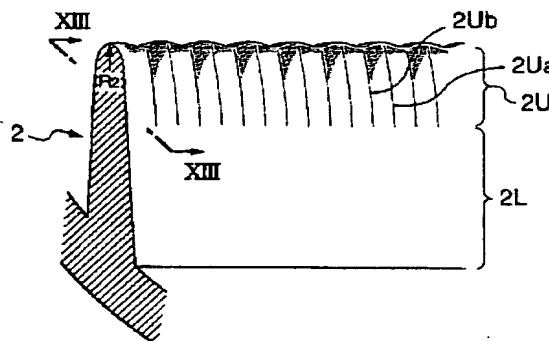
【図11】

図11



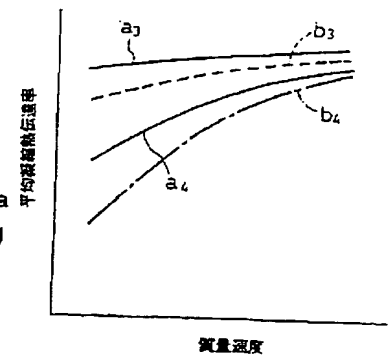
【図12】

図12



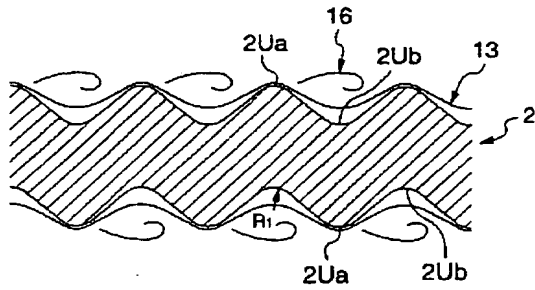
【図15】

図15



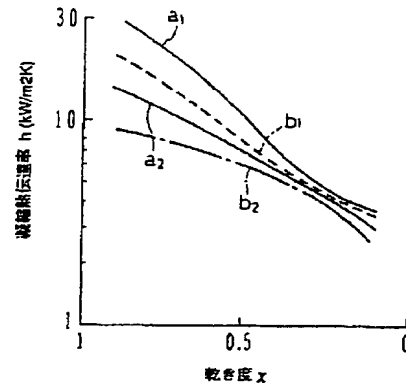
【図13】

図13



【図14】

図14



【図16】

図16 a

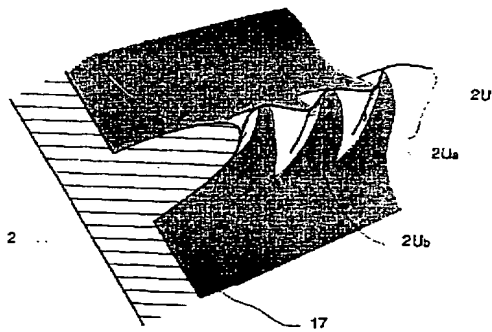
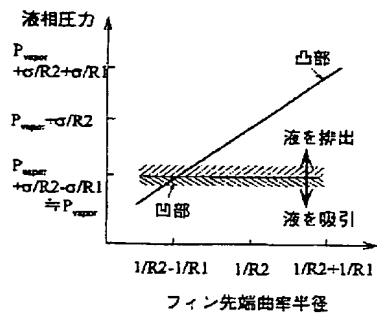


図16 b



【図17】

図17 a

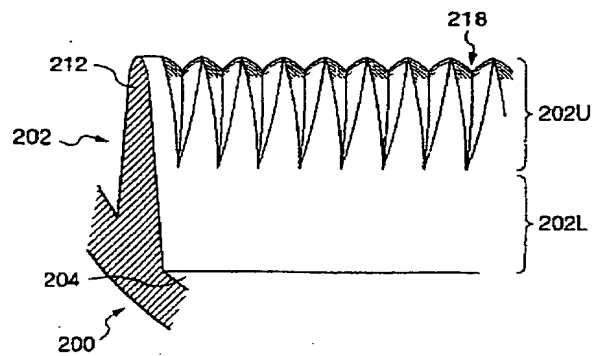
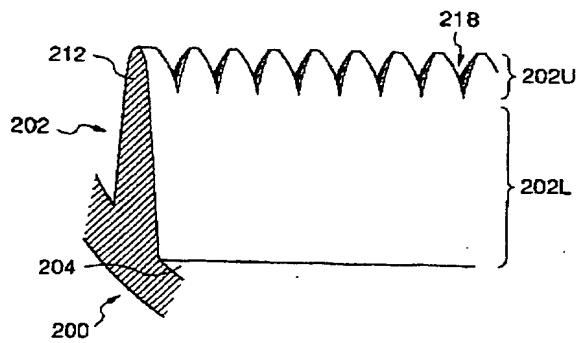
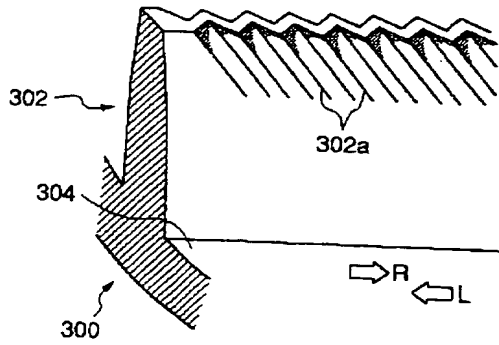


図17 b



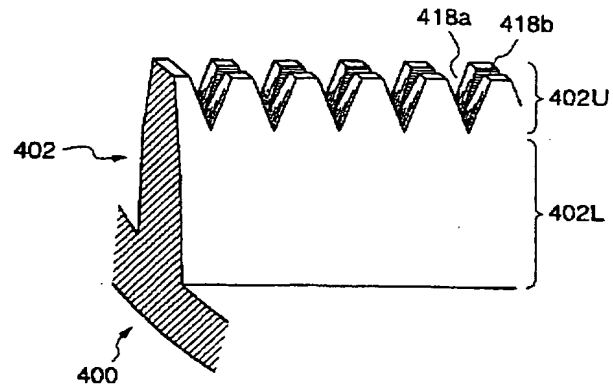
【図18】

図18



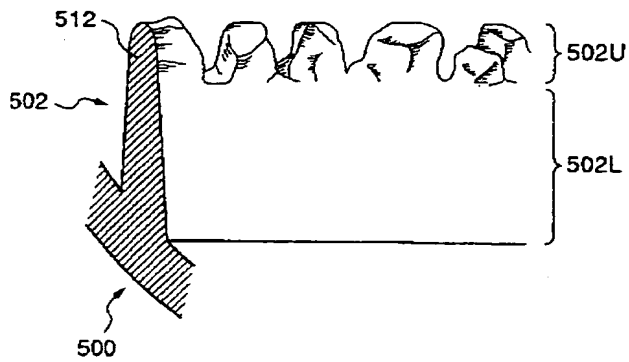
【図19】

図19



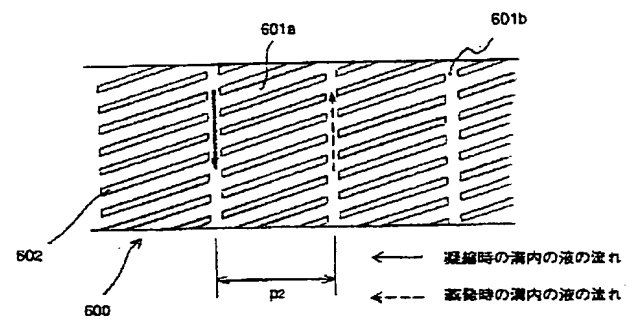
【図20】

図20



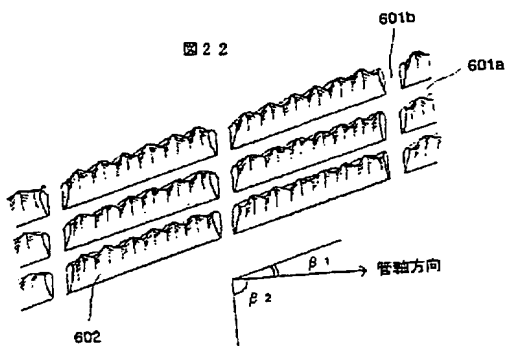
【図21】

図21



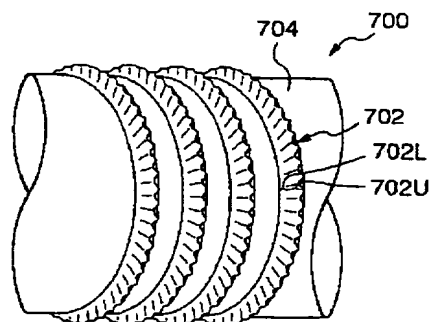
【図22】

図22

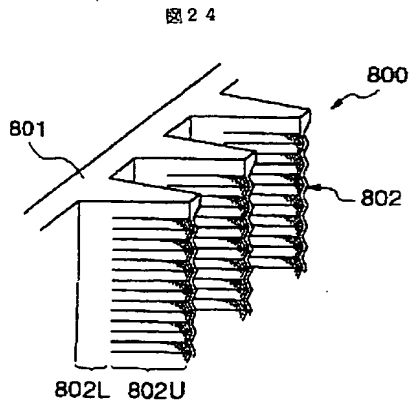


【図23】

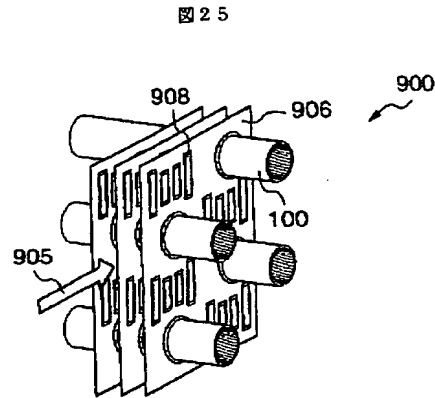
図23



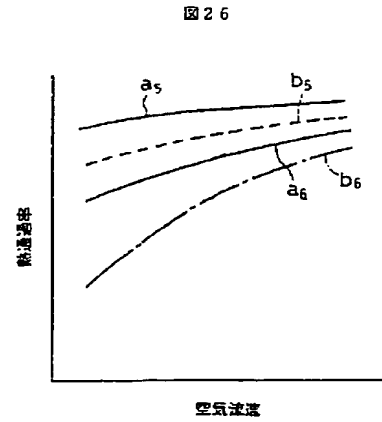
【図24】



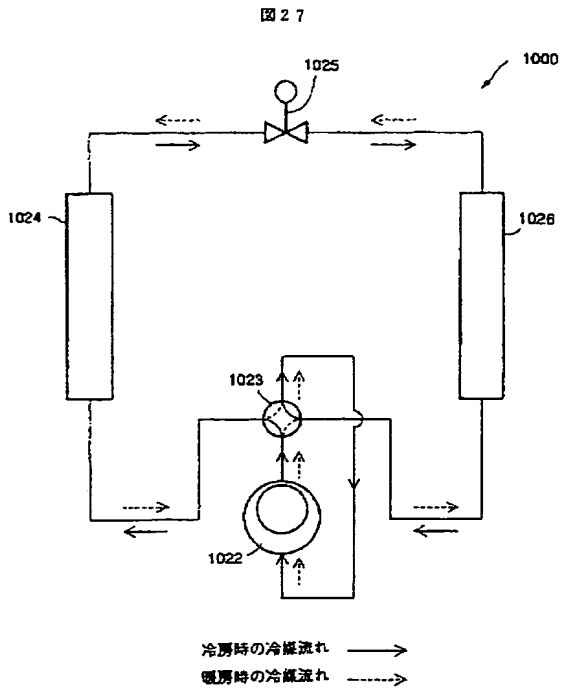
【図25】



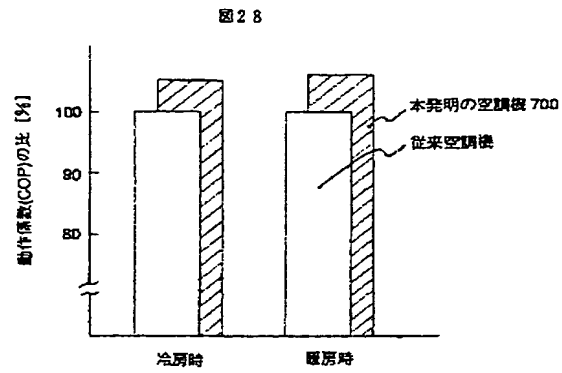
【図26】



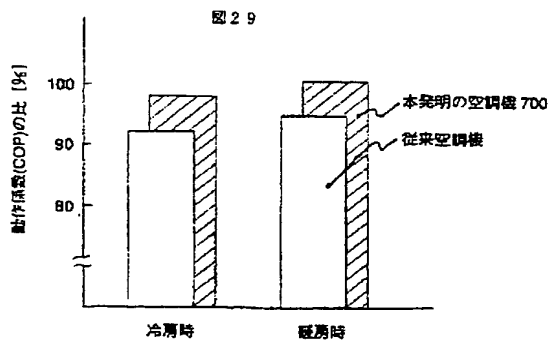
【図27】



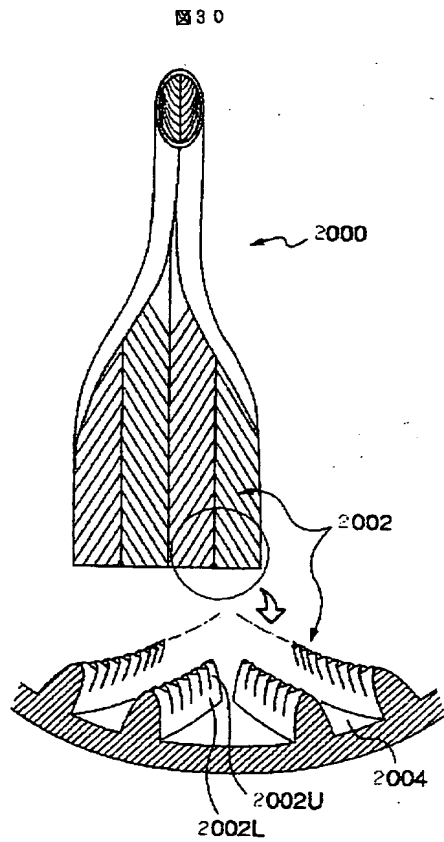
【図28】



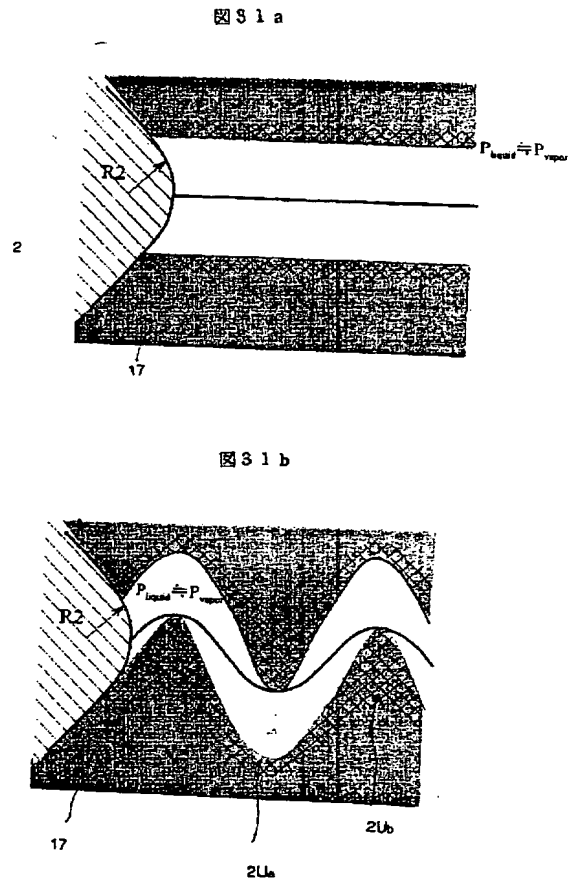
【図29】



【図30】



【図31】



フロントページの続き

(72)発明者 福島 敏彦
 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
 立製作所機械研究所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.